

# 大豆蛋白营养品质和生理功能研究进展<sup>\*</sup>

刘志胜<sup>1</sup> 李里特<sup>1</sup> 辰巳英三<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学食品学院, 北京, 100083 2. 日本国农林水产省国际农林水产业研究中心)

**摘要** 本文综述了大豆蛋白营养品质和生理功能研究进展。蛋白消化率校正后的氨基酸得分 (PDCAAS) 是一种新的、更准确的评价蛋白质营养品质的方法和指标; 大豆蛋白的 PDCAAS 值为满分 (1.0), 表明大豆蛋白是完全蛋白质, 可满足 2 岁以上人体对各种必需氨基酸的需求; 临床研究表明, 大豆蛋白可显著降低 LDL 胆固醇浓度, 而对 HDL 胆固醇浓度有一定程度的提高作用; 与其他优质蛋白相比, 大豆蛋白有利于钙的代谢; 用大豆蛋白代替膳食中的动物蛋白, 对肾脏病十分有益。

**关键词** 大豆蛋白; 营养品质; 生理功能

## 0 前言

大豆蛋白一直是我国及其他亚洲国家人民重要的膳食蛋白。近些年, 不但大豆蛋白的营养品质被重新评价, 而且临床研究表明, 大豆蛋白具有一些生理保健功能。1998 年 11 月, 美国食品药品监督管理局 (FDA) 在大量科学数据的支持下, 初步批准食品制造商可以在含有大豆蛋白的产品标签上作如下声明: “每天食用含 25g 大豆蛋白且低胆固醇、低饱和脂肪酸的膳食, 可降低患心血管疾病的可能性; 该产品 (每份) 含... g 大豆蛋白”<sup>[1]</sup>。我国人民虽然早已认识到大豆及大豆蛋白对健康的重要性, 但缺乏科学数据, 也很少有人进行深入而全面的研究。本文主要就国外有关大豆蛋白营养品质和生理功能的研究进展作一综述。

## 1 大豆蛋白的营养品质

蛋白质的营养品质一般由三个因素决定: (1) 蛋白质的必需氨基酸组成 (2) 蛋白质消化率 (3) 摄入蛋白质的人体对氨基酸的需求。

### 1.1 大豆蛋白质的消化率

对人和动物的临床研究表明: 大豆蛋白产品的消化率可与肉、奶、蛋相媲美<sup>[2]</sup>。对 2~4 岁的幼儿临床研究表明, 当摄入量相同时, 大豆分离蛋白的消化率与牛奶蛋白相同, 个别品牌的大豆分离蛋白的消化率甚至高于牛奶蛋白的消化率<sup>[3]</sup>。不同大豆产品的蛋白消

\* 收稿日期 1999-07-15

Received on July 15, 1999.

化率不尽相同。如煮大豆的蛋白消化率为 65% ,全脂豆粉的蛋白消化率为 75– 92% ,脱脂大豆粉的蛋白消化率为 84– 90% ,豆腐的蛋白消化率为 93% ,大豆分离蛋白的消化率为 93– 97% <sup>[4]</sup>。

1. 2 大豆蛋白的氨基酸组成与人体需求

大豆蛋白不是均一蛋白质 ,它由许多种蛋白组成 ,其中 90% 以上为大豆球蛋白。大豆球蛋白。大豆球蛋白主要是由 11S球蛋白和 7S球蛋白组成。7S球蛋白主要为  $\beta$ - 伴大豆球蛋白。不同大豆蛋白组分和不同大豆蛋白产品的必需氨基酸组成以及不同年龄段人体对必需氨基酸的推荐摄入量见表 1

表 1 人体对必需氨基酸的需求和大豆蛋白的氨基酸组成 <sup>[5,6]</sup> (单位: mg /g)  
Table 1 Can meet essential amino acid requirements for person and composition of amino acid of soybean protein

必需氨基酸 Amino acid requirement	FAO /WHO推荐摄入				大豆蛋白组分			大豆蛋白产品		
	婴儿 3- 4月	幼儿 2- 5岁	少年 10- 12	成年	11S 球蛋白	7S球蛋白 $\beta$ - 伴大豆球蛋白 $\gamma$ - 伴大豆球蛋白		脱脂 大豆粉	浓缩大 豆蛋白	分离大 豆蛋白
组氨酸	26	19	19	16	26	17	28	26	25	28
异亮氨酸	46	28	28	13	49	64	44	46	48	49
亮氨酸	93	66	44	19	81	103	76	78	79	82
赖氨酸	66	58	44	16	57	70	68	64	64	64
蛋氨酸+ 胱氨酸	42	25	22	17	30	6	25	26	28	26
苯丙氨酸+ 酪氨酸	72	63	22	19	100	110	76	88	89	92
苏氨酸	43	34	28	9	41	28	42	39	45	38
色氨酸	17	11	9	5	15	3	7	14	16	14
缬氨酸	55	35	25	13	49	51	64	46	50	50

由表可见 ,除婴儿外 ,大豆蛋白产品的必需氨基酸含量均高于各年龄段的推荐摄入量。与婴儿的推荐摄入量相比 ,大豆蛋白产品的含硫氨基酸含量相对较少。

就大豆蛋白各主要组分之间比较 ,11S大豆球蛋白的必需氨基酸组成较平衡 ,可以完全满足 2岁以上人体对必需氨基酸的需求。而  $\beta$ - 伴大豆蛋白中含硫氨基酸含量相当少 ,远远低于各年龄段人体对含硫氨基酸的需要。

1. 3 大豆蛋白营养价值评价

评价蛋白质营养价值的方法和指标有许多 ,其中蛋白质效率比值 ( PER)和氨基酸分数 ( AAS)是应用较广的两种传统评价方法和指标。PER方法是根据饲喂了一定量蛋白质的实验鼠的生长情况而评价蛋白质的营养价值 ,即: 实验鼠体重增加的克数与摄食的蛋白质克数之比 ,为该蛋白的效率比值。但由于老鼠对氨基酸的需求不同于人类 ,特别是老鼠对蛋氨酸的需求量是人类的 50倍 <sup>[6]</sup> ,而大豆蛋白的蛋氨酸含量相对较低 ,因此 ,用 PER方法评价大豆蛋白就会得出错误的结论 ,即: 长期以来 ,人们一直认为蛋氨酸是大豆蛋白的限制性氨基酸 ,大豆蛋白不能完全满足人类对各种氨基酸的需求。

AAS方法是将待测蛋白质与标准蛋白质中的各个必需氨基酸的含量进行比较 ,即

1g 待测蛋白质中某种必需氨基酸的毫克数与 1g 标准蛋白质中该必需氨基酸的毫克数的比值,称为待测蛋白质该必需氨基酸的得分。此方法的不足之处在于没有考虑蛋白质的消化情况。

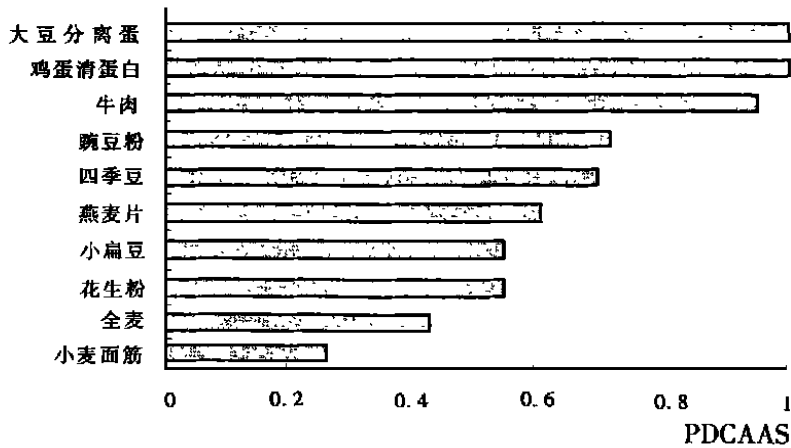


图 1 一些食品蛋白质的 PDCAAS

Fig. 1 PDCAAS of protein in some foods

最近,一种较好的评价方法和指标被世界卫生组织、美国食品药品监督管理局和美国农业部采用。该方法和指标称为蛋白质消化率修正后的氨基酸得分 (PDCAAS)<sup>[7]</sup>,即:以 1985 年 FAO/WHO 对 2-5 岁儿童的推荐模式为标准蛋白,计算出待测蛋白的各种必需氨基酸得分,必需氨基酸的最低得分与待测蛋白消化率的乘积,就是待测蛋白的 PDCAAS<sup>[9]</sup>。下图为某些食品蛋白质的 PDCAAS,其中大豆分离蛋白与鸡蛋清蛋白一样为满分 (1.0 分),而其他植物蛋白的得分较低。所以,在营养价值上,大豆蛋白不亚于高质量的动物蛋白,是植物中唯一类似于动物蛋白的完全蛋白质。

## 2 大豆蛋白的保健功能

大豆蛋白除了可满足 2 岁以上人体对各种必需氨基酸的需要外,对人体健康还有一些特别的益处。首先,与食用动物蛋白相比,食用大豆蛋白可避免摄入胆固醇、减少饱和脂肪酸的摄入量。其次,近年来的临床研究表明,食用大豆蛋白产品可预防心血管疾病和骨质疏松症,对肾脏病和高血压也十分有益。

### 2.1 大豆蛋白与心血管疾病

在发达国家,心血管疾病是导致死亡的主要疾病。在发展中国家,心血管疾病的发病率正急剧上升。引起心血管疾病的主要原因是血液中的胆固醇含量高。胆固醇有两种,一种是低密度脂蛋白 (LDL)胆固醇,一种是高密度脂蛋白 (HDL)胆固醇。LDL 胆固醇氧化后聚集,引起动脉粥样硬化,是不良胆固醇,应控制其浓度。而 HDL 胆固醇可防止 LDL 胆固醇的氧化,清除血管壁上淤积的粥样物质,对血管起保护功能。

食用燕麦皮、控制低饱和脂肪酸的摄入等饮食疗法虽然可降低血液中 LDL 胆固醇的

浓度,但对 HDL胆固醇也有降低作用。而食用大豆蛋白可显著降低血液中的 LDL胆固醇,对 HDL胆固醇却没有影响,有时还有一定程度的增加作用。

有关大豆蛋白防治心血管疾病的 38个研究报告中,有 34个报告认为食用大豆蛋白可降低血液胆固醇浓度。采用 Meta-analysis 对此 38个、观察对象共达 730人的研究报告加以分析<sup>[10]</sup>,发现食用大豆蛋白后,血清中胆固醇浓度降低了 9.3%,LDL胆固醇降低了 12.9%血清中甘油三酸酯浓度降低了 10.3%,而血清中 HDL胆固醇浓度增加了 2.4%。

分析还表明:大豆蛋白对胆固醇的降低作用与胆固醇的初始浓度高度相关。食用大豆蛋白后,对于胆固醇浓度正常的人,LDL胆固醇只降低 7.7%,而对于血清胆固醇浓度严重超标的人,LDL胆固醇降低了 24%。因此,正常人食用大豆蛋白不会有任何顾虑,而胆固醇浓度越高,大豆蛋白的降低效果越显著。

在这 38项研究中,大豆蛋白的日食用量各不相同,最低的为 17g/天,最高的为 124g/天,平均为 47g/天。其中 15项研究(占 40%)的日食用量小于 31g/天。分析发现,大豆蛋白的日食用量对降低胆固醇效果有显著影响。虽然日食用量越高,降低效果越显著,但只要每天食用 17-25g 大豆蛋白,就足以起到降低胆固醇的作用。

需要说明的是,38项研究中,有 34项的观察对象为成年人,其它四项的观察对象为儿童。另外,20项研究采用分离大豆蛋白,15项研究采用组织化大豆蛋白,三项研究采用分离大豆蛋白结合组织化大豆蛋白。

由于胆固醇浓度每降低 1%,遭受心脏病的危险性就降低 2-3%,因此可以认为,食用大豆蛋白可使患心血管疾病的危险性降低 18-28%。

关于大豆蛋白降低胆固醇的机理,目前尚不清楚。有人认为食用大豆蛋白后,胆固醇吸收和(或)胆汁再吸收作用被削弱,从而造成胆固醇浓度降低<sup>[11]</sup>;有人认为,食用大豆蛋白后内分泌状态发生了改变(如:胰岛素与高血糖素的比值降低,甲状腺激素浓度增加),从而引起了胆固醇浓度降低<sup>[12]</sup>;还有人认为,食用大豆蛋白增加了肝内 LDL受体的活性<sup>[13]</sup>;甚至有人认为,也许起作用的并非蛋白质,而是大豆蛋白产品中的其它成分,如大豆异黄酮<sup>[14]</sup>。

## 2.2 大豆蛋白与骨质疏松症

人的骨骼处于高度的新陈代谢中,每年新生的骨骼占总骨骼的 15%,每天有大约 7,000mg的钙进出骨骼组织,一部分钙会随尿液排出体外。因此,从食物中摄入钙、维持体内钙平衡十分重要。但随着摄入钙的增加,钙的有效吸收率降低,如果尿钙损失 50mg,就必须摄入 200-250mg的钙(假设钙的吸收率为 20-25%),因此,减少尿钙损失比摄入钙更为重要。

动物蛋白消费量越高的国家,其骨质疏松症的发病率越高,部分原因是蛋白质会增加尿钙损失。据估计,每摄入 1g 蛋白质,尿钙损失就增加 1mg,其机理可能与含硫氨基酸有关,含硫氨基酸代谢时产生氢离子,增加酸负荷,从而使尿钙损失增加<sup>[15]</sup>。大豆蛋白的特点恰恰是含硫氨基酸含量相对较低。研究表明,与优质动物蛋白相比,大豆蛋白造成的尿钙损失较少,当膳食中的蛋白质为动物蛋白质时,每天的尿钙损失达 150mg;而当膳食中的蛋白质为大豆蛋白时,每天的尿钙损失只有 103mg<sup>[16]</sup>。

值得一提的是,大豆中的另一成分—大豆异黄酮可抑制骨骼再吸收,促进骨骼健康。因此,常吃大豆食品对防止骨质疏松非常有益。

### 2.3 大豆蛋白与肾脏病

随着人类寿命延长,老龄人口增多,慢性肾病的发病率也稳步上升。除了医学手段,饮食调整对肾脏病人病情的控制和康复十分重要。肾脏病人由于肾功能不全,如果摄入过量的蛋白质,其分解的氮、磷、钠就会在体内积累,这不但是某些肾病症状的成因,而且常此以往会加速肾功能的衰竭。由于这个原因,30年来对肾脏病人饮食的要求一直是低蛋白。但即使是低蛋白(特别是肉、蛋、奶中的蛋白),仍然对肾脏有不良影响。研究表明<sup>[17]</sup>,在低蛋白饮食中用大豆蛋白代替动物蛋白,其效果与完全控制蛋白质的摄入相同,如:降低肾脏过滤组织的水压和工作负荷,减少血液中有益成分(如白蛋白)从尿液中流失。其机理可能是大豆蛋白中某种氨基酸含量低,而这种氨基酸通常是由肾脏代谢的。

慢性肾脏病人常有蛋白尿症状,如果尿蛋白每天超过 3g,就会使病情恶化,引起并发症。降低饮食中的蛋白质,可减轻蛋白尿,降低并发症发生的可能性。研究表明<sup>[18]</sup>,肾功能丧失三分之一,每天尿蛋白达 6g 的病人,在食用四个月的大豆蛋白饮食后(低蛋白),尿蛋白降低了 36%。而且随时间的延长,还会有进一步的降低。

肾脏病人易患血管病。大约有一半换肾治疗的病人最终死于血管病。研究表明,肾脏病患者之所以易患血管病,主要是由于血液中同型半胱氨酸(蛋氨酸代谢的副产物)的含量高。血液中同型半胱氨酸的含量与摄入的蛋氨酸量有关。特别是对于肾脏病病人,摄入相同量的蛋氨酸,血液中同型半胱氨酸浓度的增高幅度高于正常人<sup>[19]</sup>。大豆蛋白的蛋氨酸含量远远低于动物蛋白,实验表明<sup>[20]</sup>,饲喂大豆蛋白的老鼠,其血液中蛋氨酸含量低于饲喂动物蛋白的老鼠。

### 2.4 大豆蛋白与高血压

血管紧张肽原酶对稳定血液循环和血压起着重要作用。那些具有抑制血管紧张肽原酶活性的物质,是目前治疗高血压的首选药。Kawamura 研究发现<sup>[21]</sup>,大豆 11S 球蛋白和 7S 球蛋白中含有 3 个可抑制血管紧张肽原酶活性的短肽片段。因此,大豆蛋白具有抗高血压的潜在功能。

## 参 考 文 献

- 1 FDA's Federal Register Announcement, 1998, 11, 10
- 2 Scrimshaw, S., and Young, V. R., in "Soy Protein and Human Nutrition", ed. by Wilche, H. L., Hopkins, D. T., and Waggle, D. H. New York: Academic Press, 1979, p121, p299
- 3 Torun, B., Hnedá, O., Viteri, F. E., and Arroyave, G., in "Protein Quality in Humans: Assessment and In-Vitro Estimation", p. 374, ed. by Bodwell, C. E., Adkins, J. S., and Hopkins, D. T., Westport: AVI Publ. Co., 1981
- 4 Bodwell, C. E., Hopkins, D. T., "Nutritional Characteristics of Oilseed Proteins," Chapter VII in "New Protein Foods" Vol. 5, Seed Storage Proteins, ed. by Aitchison, A. A., and Wilcke, H. L. Orlando: Academic Press, 1985
- 5 D. Fukushima, in "Modern Food Chemistry" (M. Namik, R. Nakamura, S. Kawagishi, and K. Watanabe, eds.), Sankyo Shuppan, Tokyo, 1985, pp. 219-2286. Sarwa G. Peace R. W. and Botting H. G. Corrected relative net protein ratio (CRNPR) method based on differences in rat and human requirements for sulfur amino acids. J Am Oil

- Chem Soc 1985, 68 689
- 7 Yong, V. R., Soy protein in relation to human protein and amino acid nutrition. J. Am Diet Assoc. 91 825– 835
  - 8 Anderson JW, Johnston BM, Cook– Newell ME. New England Journal of Medicine 1995, 333 276– 282
  - 9 Beynen, A. C. Comparison of the mechanism proposed to explain the hypocholesterolemic effect of soybean protein versus casein in experimental animals. J Nutr. Sci. Vitaminol. 1990, 36 S87– S93
  - 10 Ham, J. O., Chapman, K. M., et al., Endocrinological response to soy protein and fiber in mildly hypercholesterolemic men. Nutr. Res. 1993, 13 873– 884
  - 11 Potter SM., Overview of proposed mechanisms for the hypocholesterolemic effects of soy, J. Nutr 125( Suppl): 1995, 606S1
  - 12 Abelow, B. J., Holford, T. R. & Insogna, K. L. Cross– cultural association between dietary animal protein and hip fracture a hypothesis, Calcif. Tissue Int. 1992, 50 14– 18
  - 13 Breslau NA, Brinkley L, Hill KD, et al. Relationship of animal protein– rich diet to kidney stone formation and calcium metabolism J Clin Endocrinol 1988, 66 140– 146
  - 14 Kontessis P, S Jones, R Dodds et al., Renal metabolic and hormonal responses to ingestion of animal and vegetable proteins. Kidney Int 1990, 38 136– 144
  - 15 Gentile MG, Fellin G, Cofano F et al., Treatment of proteinuric patients with a vegetarian soy diet and fish oil. Clinical diabetic nephropathy effects on albumin excretion rate and nutritional status. Diabet Med 1991, 8 949– 953
  - 16 Hultberg B, A Anderson, G Sterner. Plasma homocysteine in renal failure. Clin Nephrol 1993, 40 230– 234
  - 17 Hagenmeister H, KE Scholz– Ahrens, H Schulte– Coerne, CA Barth. Plasma amino acid and cholesterol following consumption of dietary casein or soy protein in mini– pigs. J Nutr 1990, 120 1305– 1311
  - 18 Kawamura Y., Food Protein and Antihypertension in Proceedings of Sino– Japanese Workshop on Advanced Food Technology ed. by China Agricultural University. 1997

## NUTRITIONAL QUALITY AND PHYSIOLOGICAL FUNCTIONS OF SOY PROTEIN: A REVIEW

Liu Zhisheng<sup>1</sup> Li Lite<sup>1</sup> Eizo Tatsumi<sup>2</sup>

(1. College of Food, China Agricultural University, Beijing, 100083;

2. Japan International Research Center for Agricultural Sciences)

**Abstract** The research on the nutritional quality and physiological functions of soy protein are reviewed. Recently the Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS) was introduced as a more accurate method to evaluate protein nutritional quality. Soy protein has a PDCAAS of 1.0, indicating it is complete protein and can meet essential amino acid requirements for persons more than 2 years old; Clinical research has shown that soy protein decreases LDL– cholesterol level significantly and tends to increase HDL– cholesterol level. Soy protein favorably affects calcium metabolism relative to other high quality protein. The diet including soy protein instead animal protein benefit chronic renal disease.

**Key words** Soy protein; Nutritional quality; Physiological function